

LIÇÕES APRENDIDAS NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES EM DUAS COMUNIDADES RURAIS

L. Roberto Valer Morales – robvaler@usp.br

Tina Bimestre Selles Ribeiro – tina@iee.usp.br

André Ricardo Mocelin – mocelin@iee.usp.br

Roberto Zilles – zilles@iee.usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiente

Resumo. Este trabalho sintetiza a experiência adquirida pelo Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (LSF-IEE-USP) na implantação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFDs) nas comunidades de São Francisco de Aiucá (AM) e Varadouro (SP), projetos com pouco mais de cinco anos de funcionamento. No trabalho são analisados os aspectos técnicos, sociais e econômicos desses projetos com SFDs, visando destacar as lições aprendidas para futuros projetos.

Palavras-chave: Eletrificação Rural, Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da importância do acesso à energia elétrica para o desenvolvimento humano, ainda estão no escuro uma faixa de 700 mil a 1 milhão de casas sem eletricidade no Brasil (IBGE, 2012; ANEEL, 2012a). Muitas dessas moradias encontram-se em locais remotos e afastados da rede elétrica. Em algumas comunidades há um gerador diesel funcionando umas quantas horas por dia dependendo da disponibilidade de combustível, o qual é subsidiado ou doado pelas prefeituras locais.

Não entanto em locais com bom recurso solar, o uso de sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFDs) pode ser mais competitivo ao longo prazo para o atendimento contínuo de eletricidade em locais com as características mencionadas anteriormente. É por isso que desde há vários anos entidades governamentais (federais, estaduais e municipais) e não governamentais tem instalado esse tipo de sistemas. Muito desses sistemas foram instalados durante a época do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), instituído em 1994 e atualmente incorporado ao Programa Luz Para Todos (LPT). Não entanto, não existia um marco legal adequado que regulasse a instalação desses sistemas até a publicação da resolução ANEEL nº83, de setembro de 2004 (ANEEL, 2004), pelo qual houve um elevado número de reclamações e falhas nos sistemas instalados antes da resolução. Atualmente é a resolução ANEEL nº493, de junho de 2012 (ANEEL, 2012b) que regulamenta o uso de sistemas individuais de geração de energia elétrica com fonte intermitente (SIGFI) e de microssistemas isolados de geração e distribuição de energia elétrica (MIGDI). Entre outros parâmetros a resolução estabelece preferencialmente o atendimento em corrente alternada e de uma disponibilidade de energia mínima mensal de 13 kWh por unidade consumidora.

O presente trabalho analisa os aspectos técnicos e socioeconômicos de duas experiências implantadas pela equipe do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (LSF-IEE-USP). O primeiro dos projetos foi instalado na comunidade amazônica ribeirinha de São Francisco de Aiucá (AM) em 2005 e o segundo foi uma revitalização de alguns SFDs na comunidade caiçara de Varadouro (SP) em 2008.

Ambos os projetos tem como características em comum a implantação dos SFDs em comunidades rurais remotas, o atendimento elétrico com SIGFIs-13 segundo a resolução ANEEL nº83 vigente na época, a capacitação dos usuários e técnicos locais para garantir a sustentabilidade dos projetos e acompanhamento dos sistemas durante os primeiros meses de operação. A última visita ao projeto em Aiucá foi em fevereiro de 2012 enquanto que o projeto de Varadouro foi visitado em abril de 2013.

2. COMUNIDADE DE SÃO FRANCISCO DE AIUCÁ (AM)

A comunidade de São Francisco de Aiucá, localizada no município de Uarini, estado do Amazonas, pertence a Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá. Esta região é caracterizada pelo clima de várzea, sendo que o nível das águas dos rios pode chegar a ter uma diferença de 15 metros entre a época da seca e a cheia (Fig. 1). Essas variações influenciam fortemente as rotinas de vida dos moradores da comunidade, tanto no modo como eles exercem suas atividades produtivas como na forma como eles se abastecem de insumos e vendem seus produtos. A comunidade de São Francisco de Aiucá se encontra ao lado de um igarapé, na margem esquerda do Rio Solimões, e o acesso é por via fluvial em barco.

O projeto de implantação dos sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFDs) nessa comunidade nasceu de uma parceria entre o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (LSF-IEE-USP), o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM) e o Instituto Winrock International. Na primeira fase, foram instalados 19 SFDs (2005), e na segunda, mais 4 sistemas (2007). Antes da

implantação do projeto, a comunidade só tinha eletricidade durante o período de funcionamento de um gerador diesel comunitário que era de aproximadamente de 4 a 5 horas por dia, quando havia combustível.

A configuração utilizada consta de um gerador fotovoltaico de 200 Wp, um banco de baterias de 150 Ah; um controlador de carga e descarga e um inversor c.c/c.a. As baterias foram colocadas dentro de um abrigo com palafita fora da casa e equipamentos de condicionamento elétrico dentro de um quadro instalado no interior das casas.

O processo de transferência tecnológica começou desde as primeiras visitas à comunidade. Foram realizadas as seguintes ações: constituição da associação dos usuários beneficiados; elaboração de regulamento para o uso correto e eficiente dos sistemas; criação de um fundo para a futura substituição de baterias e capacitação de dois moradores para formar uma equipe técnica local. Todo esse processo está descrito com maiores detalhes em Mocelin (2007).

Após o período de acompanhamento do desempenho dos SFDs e os respectivos consumos, a gestão dos sistemas ficou inteiramente a cargo da associação dos usuários. Isso significa que a ela é responsável pela cobrança do fundo de substituição, a troca de baterias e a manutenção.

Em fevereiro de 2012, um membro do LSF-IEE-USP visitou a comunidade para ver o estado em que se encontravam os SFDs. Comprovou-se que, até o momento da visita, 12 sistemas operavam normalmente; 8 funcionavam sem o controlador de carga e 3 sistemas estavam desligados por falta do controlador e inversor (Valer et al., 2012).



Figura 1 – Sistemas fotovoltaicos domiciliares instalados na comunidade de São Francisco de Aiucá, na época de estiagem e inundação.

Foto: Arquivo gráfico do LSF-IEE-USP

3. COMUNIDADE DE VARADOURO (SP)

A comunidade de Varadouro pertence ao município de Cananéia, litoral Sul do Estado de São Paulo, inserido no Parque Estadual do Lagamar. Para chegar até ao local, a partir do centro da cidade, é preciso viajar por cerca de uma hora em lancha rápida e caminhar aproximadamente 6 km pelo meio da mata Atlântica. Até 1997, a comunidade não tinha eletricidade e a iluminação era à base de velas e lamparinas. Porém, em 1996, um projeto financiado por uma cooperação espanhola permitiu a instalação de um sistema fotovoltaico de 105 Wp na escola, sete SFD de 35Wp que disponibilizavam a energia de 3,7 kWh ao mês, duas lavanderias comunitárias com potência de 75 Wp cada, e um sistema para a iluminação de 52 Wp, para a igreja. Todos os sistemas funcionavam em corrente contínua. Para garantir a sustentabilidade, o projeto foi realizado de uma forma participativa: os moradores ajudaram em forma de mutirão. Também foram realizadas: criação de associação dos moradores beneficiados, capacitação de equipe técnica local, formação de um fundo rotativo.

Em 2008, foram revitalizados 5 SFDs, de acordo com a resolução da ANEEL nº 83/2004 (Fig. 2). Tal revitalização foi conduzida pelo LSF-IEE-USP, em parceria com a fabricante de inversores Orbe Brasil, a fabricante de baterias Johnson Controls e com o conhecimento da concessionária local Elektro, e a coordenação estadual do Programa Luz para Todos. A nova configuração possui um gerador de 200 Wp, um banco de baterias de 75 Ah, um controlador de carga e descarga e um inversor c.c/c.a. Foram testadas em campos baterias de placas circulares e ciclo profundo. A disponibilidade de energia fornecida pelo sistema é de 13 kWh ao mês. Este processo de implantação também foi realizado de uma forma participativa, na qual os moradores interagiam em todas as etapas, tais como o transporte e limpeza dos equipamentos, levantamento dos postes, instalação elétrica interna (Ribeiro, 2010). Em busca de promover a transferência de tecnologia, a equipe técnica sempre buscava integração com os beneficiários. No final das instalações, foi realizada uma reunião, na qual a equipe explicou detalhadamente os cuidados que se devem ter na utilização dos SFDs, assim como detalhou quais equipamentos eletrodomésticos poderiam ser utilizados e ressaltou os limites do sistema instalado. Após o término das instalações, os módulos do projeto anterior foram levados pelo LSF para realização de ensaios no laboratório. Os SFDs ficaram sob responsabilidade do LSF.



Figura 2 – Processo de implantação dos sistemas fotovoltaicos domiciliares na comunidade de Varadouro: participação dos moradores
Fotos: Ribeiro (2010)

4. DISCUSSÃO DAS EXPERIÊNCIAS

Nessa seção são discutidos os aspectos técnicos, econômicos e sociais relacionados aos projetos mencionados.

4.1 Aspectos técnicos

Suporte dos módulos. Adotou-se usar como meio de suporte dos módulos o uso de madeiras locais com suporte de alumínio. O uso de madeira local reduz os custos de transporte de estruturas de cimento ou metal até os locais de instalação, aproveita a mão de obra local, e permite a integração entre os usuários e os membros da equipe instaladora. Por outro lado, devido à dificuldade de acoplar e orientar os módulos nas estruturas de madeira adotou-se o uso de suportes metálicos de alumínio unidos ao poste de madeira mediante abraçadeiras de alumínio (Fig. 3).



Figura 3 – Postes de madeira com suporte de alumínio (esquerda e meio) e processo de adequação do poste para o encaixe do suporte de alumínio.

Seleção de baterias. Para o projeto de Aiucá, utilizou-se um banco de 150 Ah formado por duas baterias para aplicações fotovoltaicas. Porém, devido à indisponibilidade dessas baterias na região, sugeriu-se a substituição dessas baterias por aquelas de uso automotivo. Em geral, todas as casas já as trocaram pelo menos uma vez; mas há quem precise trocar mais de duas vezes. Isso pode ocorrer pela falta de manutenção das mesmas (restituição de água destilada). Para o projeto de Varadouro, foram utilizadas baterias de ciclo profundo de placas circulares: apesar de serem mais caras elas mostraram desempenho ótimo até o momento.

Abrigo das baterias. Em ambos os projetos, as baterias foram colocadas em abrigos instalados no exterior das casas, sobre palafitas, para evitar o ingresso de água durante os períodos de enchente, e para facilitar a manutenção das mesmas. Essa configuração mostrou-se adequada, pois, durante os mais de sete anos do projeto em Aiucá, não houve problema com entrada de água nas baterias. O local do abrigo deveria ser sombreado, cuja distancia não poderia ultrapassar 1 metro da casa. A parte superior do abrigo foi coberta com telhas especiais, resistentes a intempéries, comercialmente denominadas onduline (Fig. 4).



Figura 4 – Abrigo de baterias pertencentes aos SFDs instalados em Aiucá (esquerda) e Varadouro (direita)
Foto: Arquivo gráfico do LSF-IEE-USP

Quadro elétrico. Os equipamentos de condicionamento de potência como o controlador de carga, inversor c.c/c.a. e medidor de energia foram instalados dentro de uma caixa plástica com tampa transparente no interior das casas. Isso evitou o manuseio inadequado dos equipamentos, o desgaste dos equipamentos devido à umidade e o ingresso de insetos no interior dos mesmos e facilitou a visualização dos avisos luminosos emitidos pelo controlador de carga e o inversor (Fig. 5).



Figura 5 – Quadro elétrico instalado em Aiucá (esquerda e meio) e em Varadouro (direita).
Foto: Arquivo gráfico do LSF-IEE-USP

Padrão de instalação. O padrão de instalação interior seguiu as diretrizes das normas elétricas vigentes para instalações elétricas de baixa tensão como a NBR 5410. Para evitar fiação solta utilizaram-se de elementos de fixação (grampos e abraçadeiras plásticas). As tomadas foram instaladas a uma altura sempre superior a 1,50 metros para restringir seu acesso a crianças e evitar que sejam atingidas por possíveis inundações. As tomadas, os interruptores e as posições das lâmpadas foram distribuídos de acordo com as necessidades dos usuários.

No decorrer dos anos, em Aiucá, apesar dos esforços para manter a qualidade da instalação, ocorreram situações que fizeram com que alguns usuários criassem novas conexões, muitas delas inadequadas (Fig. 6): mudança de moradia, substituição de tábuas e a necessidade de aumentar o número de tomadas. Nesse caso, o uso de eletrodutos nas instalações e um reforçamento da importância da qualidade das instalações poderiam evitar intervenções dos usuários na fiação. Esse problema não aconteceu em Varadouro.



Figura 6 – Problemas com a fiação interna.

Atendimento em corrente alternada. Apesar das vantagens de uso de equipamentos em corrente contínua principalmente pela redução de perdas na transformação a corrente alternada, o atendimento em corrente alternada amplia as opções de equipamentos de usos finais em energia elétrica. Isso permite a aquisição e troca de televisores, rádios, ventiladores, celulares, aparelhos de DVD e lâmpadas de uma maneira mais simples para o usuário, já que equipamentos em corrente contínua são mais difíceis de conseguir em zonas rurais, além de ter um preço maior.

Certificação de componentes. Através da certificação, utilizando os procedimentos do Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO, foi possível a detecção de pequenos problemas nos equipamentos a serem instalados. Dessa maneira, evitou-se a troca desnecessária de equipamentos defeituosos no momento da instalação, o que incrementaria o tempo e os custos do projeto.

Logística de transporte. A logística para o transporte de equipamentos requer planejamento cuidadoso, principalmente nas comunidades amazônicas afetadas pelo clima de várzea, já que elas podem ficar isoladas no período de estiagem. Para chegar em Varadouro, foi necessário certo cuidado para a água do mar não entrar em contato com as baterias. Para cruzar a trilha de difícil acesso, que liga o porto à comunidade, foi necessário utilizar carrinho-de-mão; única forma existente no local de conduzir equipamentos pesados.

Manutenção e reposição de componentes. Uma das ações para garantir a sustentabilidade de ambos projetos foi a capacitação dos usuários para as tarefas de manutenção preventiva e de técnicos locais para manutenção corretiva dos sistemas.

As tarefas relacionadas à manutenção preventiva do sistema são a reposição da água das baterias, a limpeza dos módulos, dos terminais das baterias e dos abrigos das baterias. Apesar de que a maior parte dos usuários de Aiucá afirmara que a manutenção do SFD é fácil, durante a visita em 2012 foi comprovado que essas tarefas não são feitas há um bom tempo. Quando questionados, eles afirmaram que a manutenção é uma tarefa que “o presidente da Associação deve fazer”. Indicadores da falta de manutenção dos sistemas são os módulos sujos e a corrosão nos bornes das baterias encontrados em diferentes sistemas (Fig. 7).

Em relação à manutenção corretiva, foi comprovado que os técnicos de Aiucá conseguiram substituir adequadamente as baterias originais por baterias abertas automotivas. Essas baterias são compradas em Tefé ou Uarini, municípios mais próximos à comunidade. Eles também conseguiram instalar e reinstalar os quadros elétricos, geradores e baterias quando houve necessidade. Porém, não há possibilidade de substituição de controladores regionalmente por isso vários sistemas encontram-se sem ele nos quadros (Fig. 8).

Já em Varadouro, a comunidade foi capacitada e deve apenas atentar-se ao fato de deixar os painéis limpos, dado que as baterias são seladas. A responsabilidade dos SFDs ficou para o próprio LSF-IEE-USP.



Figura 7 – Problemas com a manutenção dos componentes dos SFDs.



Figura 8 – Baterias substituídas (esquerda) e quadro elétrico sem controlador (direita).

Consumo energético. Em ambas as comunidades foram instalados medidores de energia elétrica para acompanhar o consumo elétrico de cada casa. Os sistemas foram projetados para atender uma demanda de 13 kWh por mês, o qual se é suficiente para satisfazer a demanda para iluminação e entretenimento, não permite o uso de cargas de potência maior a 200 W como geladeiras e congeladores.

Na visita em Aiucá em 2012, comprovou-se que o consumo elétrico médio por família é de 7 kWh por mês. Considerando que cada casa tem em média de 6 habitantes, isso equivale a um consumo energético anual de 16 kWh por pessoa. Já o consumo em Varadouro é bem menor, aproximadamente de 2,5 kWh por mês. Como o número de habitantes por casa é de duas pessoas em média, são consumidos aproximadamente 23 kWh anualmente por pessoa.

A diferença entre consumo elétrico das famílias explica-se por fatores observados por Morante (2004) como estrutura econômica familiar, atividades econômicas e hábitos de consumo.

Estado dos sistemas. Em Aiucá, até fevereiro de 2012 (seis anos e meio depois da instalação dos primeiros 19 SFDs), 3 SFDs estavam inoperativos principalmente por falta de controlador ou inversor de carga. Porém, tem mais 8 SFDs que não possuem controlador e trabalham com problemas (Fig. 9). Não foi possível na visita de campo conhecer o motivo dessa quantidade de falhas no controlador. Segundo os usuários alguns controladores deixaram de funcionar logo de eles serem reinstalados ou após quedas de raios perto das moradias. A configuração sem controlador obriga o usuário a vigiar o estado do inversor para usar ou desligar o sistema já que alguns equipamentos como a televisão não funcionam adequadamente quando a tensão do banco de baterias é baixa. A falta de controladores também afeta a vida útil das baterias já que a tensão de desconexão por baixa tensão dos inversores é menor que o valor de corte dos controladores. Além disso, os inversores CC/CA não possuem circuito para controlar a sobrecarga das baterias.

Já em Varadouro a situação é bem diferente, por causa da relativa cercania da equipe técnica do LSF. Na primeira visita da equipe após as instalações, detectou-se que, em um domicílio, a falta de limpeza dos módulos fez com que as baterias não carregassem completamente: os beneficiários não conseguiam utilizar o SFD em plena carga. Na última visita realizada na comunidade, em 2013, foi observado que quatro sistemas encontravam-se operando, e um teve que ser substituído totalmente porque foi perdido em um incêndio.



Figura 9 – Estado dos 23 SFDs instalados na comunidade de Aiucá.

4.2 Aspectos socioeconômicos

Processo de transferência tecnológica. O planejamento para o processo de transferência tecnológica em ambas comunidades aproveitou experiências passadas de eletrificação rural feitas por membros da equipe (Zilles et al. 2000; Serpa, 2001). O processo de transferência tecnológica é um processo longo que começa desde os primeiros contatos com a comunidade. Esse processo inclui a capacitação dos usuários e de técnicos locais, a criação de uma associação de usuários e a implantação de um sistema de gestão (Fig. 10). Nesse sentido, é importante usar uma metodologia tomando em conta a realidade da comunidade. Por exemplo, moradores rurais geralmente tem baixa escolaridade e dificilmente tem conhecimento sobre a sistemática de uso da tecnologia fotovoltaica, mas possuem uma de conhecimentos prévios que podem ser aproveitados na capacitação (Morante et al. 2006). É importante também a integração entre a equipe instaladora e a comunidade, não somente através de reuniões, mas com sua participação nas tarefas de instalação: construção de abrigos e postes de madeira, escolha dos locais onde serão instaladas as tomadas e lâmpadas, etc.



Figura 10 – Processo de transferência tecnológica em Aiucá: reunião com os usuários e treinamento dos técnicos locais.

Foto: Arquivo gráfico do LSF-IEE-USP

Barreiras. Nos processos de transferência de tecnologia relatados neste artigo foram diagnosticadas entraves de diversas naturezas, os quais são aqui relatados. Geográfica: dificuldade de acesso e elaboração da logística de transporte dos equipamentos; Econômicas: dificuldade em cumprir com o pagamento do fundo; Culturais e Sociais: barreiras sociais e dificuldade de organização entre os comunitários, posicionamentos individuais, problemas na comunicação entre técnicos e moradores, sendo que o mesmo fenômeno pode ser compreendido de diferentes maneiras, de acordo com as variações culturais. A ausência de manutenção e de troca de lâmpadas, assim como a persistência no uso de velas demonstrou resistência dos moradores e falta de confiança nos sistemas. Alguns também tiveram medo de não saber usar direito, ou de utilizar quando houver tempestade. Problemas de anotações do consumo mensal demonstraram que houve dificuldade de compreenderem a importância desta atividade.

Gestão dos sistemas. A gestão dos SFDs em Aiucá está a cargo da associação de moradores da comunidade. Além de administrar o fundo de manutenção, ela é encarregada de realocar os sistemas em caso de falta de pagamento ou saída de algum membro da associação. Em um primeiro momento foi calculado um valor mensal de 15 reais por família beneficiada, mas o valor teve que ser aumentado por conta do aumento do preço das baterias. Por acordo da associação, o fundo de reposição não cobre mais o gasto em água destilada para a reposição nas baterias. Isso significa que cada usuário agora deve comprar sua própria água destilada, poucos usuários na compraram água nos últimos seis meses. O fundo de manutenção funcionou adequadamente durante as primeiras substituições das baterias. Sem embargo, fatores como a malversação dos fundos, a necessidade de trocar mais de uma vez a bateria de um mesmo sistema e a inadimplência de alguns usuários, afetaram o fundo. Por isso, muitos usuários, apesar de estar em dia com os pagamentos, tiveram que esperar até acumular o valor necessário para a compra das baterias, para substituí-las.

Apesar dos problemas, a gestão dos sistemas é boa, e eles continuam funcionando normalmente. Não houve aparentemente conflitos graves entre os membros da comunidade de Aiucá por causa dos SFDs.

Impactos nas famílias e nas atividades produtivas. Estudos feitos ao longo do tempo sobre esses projetos (Mocelin, 2007; Ribeiro, 2010 e Valer et al., 2013) mostram que o acesso a eletricidade causou diversos impactos positivos em ambas comunidades. Entre os benefícios constatados encontram-se: sentimento de inclusão social e aumento da auto-estima; a melhoria da iluminação fez com que moradores comessem a valorizar seus domicílios e realizar outros incrementos, tal como a construção de um banheiro, arrumar janelas e decorar a casa, acesso a informação através da televisão e do rádio; diminuição do gasto doméstico com fontes complementares de iluminação; estudo à noite e ampliação das horas de trabalho nos domicílios; possibilidade do habitante permanecer no campo e, também, de haver retorno.

A maior parte dos moradores das comunidades estudadas tem como fonte de renda atividades relacionadas ao extrativismo e agricultura, as quais, muitas vezes, são realizadas em locais afastados das moradias sem nenhuma participação energética dos SFDs. Não entanto, no caso de Aiucá houve alguns benefícios nas atividades produtivas locais. Por exemplo, a confecção de produtos artesanais como os Tipitis (espremedor de palha usado na produção de farinha de mandioca nessa região) e de cestos de palha é feita em casa por várias famílias, cujo trabalho pode prolongar-se até horários noturnos graças aos SFDs (figura 11). Os pescadores da comunidade podem aproveitar essa prolongação do horário noturno para consertar suas redes de pesca ou tratar o pescado. Também, a iluminação fornecida pelos SFDs proporciona mais conforto para o preparo de alimentos e o aprimoramento de materiais usados durante atividades noturnas ou feitas de madrugada, como a pesca artesanal.



Figura 11 – Atividades produtivas beneficiadas com os SFDs instalados em Aiucá: possibilidade de conserto de redes de pesca e produção de artesanatos (Tipitis) fora do horário diurno.

5. CONCLUSÕES

Os projetos analisados no presente artigo tem pouco mais de 5 anos de operação. Apesar de existir algumas diferenças nas características da comunidade, no sistema de gestão e na seleção de dois tipos de baterias, os projetos mantem algumas características em comum principalmente no atendimento com sistemas tipo SIGFI-13 e no padrão de instalação.

Em relação ao padrão de instalação, este se mostrou adequado para as características de ambas localidades. Os abrigos colocados fora das baterias não permitiram a contaminação interior nas casas e protegeram adequadamente as baterias de inundações, chuvas e manuseio inadequado. A construção de postes de madeira permitiu a participação dos usuários no processo de instalação, diminuiu custos de transporte e mostraram uma boa durabilidade. Os quadros elétricos com tampa transparente facilitou a visualização dos controladores de carga e medidores e evitou seu manuseio inadequado. O padrão de instalação da fiação interior também se mostrou adequado para evitar acidentes apesar de não ser continuado em algumas novas instalações em Aiucá.

O estado atuais dos SFDs em ambas localidades mostrou a importância de uma boa seleção de componentes e de seu ensaio, prévio a instalação, no laboratório. Isso permitiu reduzir o número de problemas nos primeiros meses dos projetos. Por outro lado, a substituição de baterias que são o calcanhar de Aquiles de muitos projetos com SFDs, não foi um problema técnico para os dois projetos. No caso de Aiucá, a associação consegue comprar novas baterias automotivas abertas de diversas marcas em Tefé. Já em Varadouro, não houve até o momento necessidade de trocas as baterias atuais após de 5 anos de funcionamento. Esse longo ciclo de vida deve-se provavelmente as características especiais das baterias de placas circulares utilizadas e ao reduzido consumo energéticos dos usuários. O que sim representa um problema é a substituição dos controladores instalados em Aiucá devido ao preço e a disponibilidade de encontrar novos controladores com características similares.

A capacitação aos usuários e os técnicos locais também mostrou seus bons resultados. Os técnicos conseguem reinstalar novos sistemas se for necessário e solucionar alguns problemas e os usuários sabem como utilizar seu sistema sem maiores problemas. Sem embargo, a falta de uma manutenção com maior frequência das baterias e módulos, assim como a queda da qualidade das novas instalações interiores são indicadores de que há necessidade de um reforço de alguns conceitos.

O modelo de gestão com a participação dos usuários mostrou-se adequado também apesar de alguns erros na administração do fundo de reposição das baterias. Nesse sentido, era para que as concessionarias já tivessem tomado um papel mais ativo na administração dos sistemas, fato que por algum motivo ainda não feito.

A quantidade de energia fornecida por mês mostrou-se suficiente para iluminação noturna e entretenimento e impactou positivamente em vários aspectos da vida dos usuários, inclusive em algumas atividades produtivas feitas em casa. Sem embargo, ela ainda é insuficiente para o uso de sistemas de conservação de alimentos (freezers e geladeiras), que são necessários para o abastecimento de produtos alimentícios e ajudariam na conservação dos peixes capturados pelos pescadores locais, melhorando talvez as economias desses produtores. O atendimento em corrente alternada teve muitas vantagens comparativas em relação ao atendimento em corrente continua feito nas primeiras instalações em Varadouro. As pessoas conseguem comprar aparelhos e lâmpadas com maior facilidade e menor custo, o que é de fato uma melhora na qualidade de vida.

Ainda é incerto qual será o futuro dos SFDs em Aiucá, já que os sistemas precisam de uma revitalização que permita a substituição dos controladores de carga e inversores que já estão próximos a cumprir seu ciclo de vida útil e que permita também uma maior disponibilidade de energia para satisfazer mais usos finais. Em todo caso, a cercania das casas permitiria a instalação de uma minirrede híbrida: possibilidade que não estava regulamentada na época de implantação do sistema.

Agradecimentos

Este trabalho foi possível graças aos recursos da CNPq e da CAPES. A visita a Aiucá foi financiada pelo convênio Energia Limpa, USAID/IDER/SCM e teve como apoio o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM) e a Universidade Federal do Pará (UFPA). As visitas a Varadouro foram financiadas com recurso do IEE-USP e a CNPq. Agradece-se também ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT – EREEA).

REFERÊNCIAS

- ANEEL. 2004. Resolução Nº 83. 20 de Setembro de 2004.
- ANEEL. 2012a. Despacho Nº 3296. 23 de Outubro de 2012.
- ANEEL. 2012b. Resolução Nº 493. 5 de Julho de 2012.
- IBGE. 2010. Censo 2010. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br> [Ultimo acesso 1 Novembro de 2013].
- Mocelin A. 2007. Implantação e gestão de sistemas fotovoltaicos domiciliares: resultados operacionais de um projeto piloto de aplicação da resolução ANEEL nº 83/2004, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Morante, F. 2004. Demanda de energia elétrica e desenvolvimento socioeconômico : o caso das comunidades rurais eletrificadas com sistemas fotovoltaicos, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Morante, F. et al. 2006. Capacitación y transferencia tecnológica: Su importancia en la sostenibilidad de los proyectos basados en tecnología solar fotovoltaica. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 10.
- Ribeiro, T.B.S. 2010. A eletrificação rural com sistemas individuais de geração com Fontes intermitentes em comunidades tradicionais: Caracterização dos entraves para o desenvolvimento local, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Serpa, P. 2001. Eletrificação fotovoltaica em comunidades caiçaras e seus impactos socioculturais, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Valer, L.R. et al. 2012. Estado dos sistemas fotovoltaicos domiciliares instalados em uma comunidade ribeirinha amazônica após seis anos e meio de operação. IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES
- Zilles et al. 2000. From Candles to PV Electricity a Four Year Experience at Iguape Cananeia, Brazil. *Progress in photovoltaics: research and applications*. Vol.8. 421-434.
- Valer, L.R. et al. 2013. Impactos e mudanças no consumo energético de uma comunidade rural amazônica após seis anos e meio de uso de sistemas fotovoltaicos domiciliares. IX Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural AGRENER GD 2013.

LESSON LEARNED IN THE PROCESS OF IMPLEMENTATION OF SOLAR HOME SYSTEMS IN TWO RURAL COMMUNITIES

Abstract. *This work synthesizes the experience acquired by Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos of Instituto de Energia e Ambiente of Universidade de São Paulo (LSF-IEE-USP) in the implantation of Solar Home Systems (SHS) in São Francisco de Aiucá (AM) and Varadouro (SP) communities, projects with more of five years. In this work, technical and socioeconomics aspects related to these projects are analyzed aiming to highlight the lessons learned for future projects.*

Key words: Rural electrification; Solar home systems.